

Neutrosophic Computing and Machine Learning {Número especial: Neutrosofía: Herramienta para investigación y toma de decisiones en ambientes de indeterminación}, Vol. 30, 2023

University of New Mexico 

Método para la evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría mediante Mapa Cognitivo Difuso.

Method for the evaluation of the effects of sodium hypochlorite accidents in children in pediatric dentistry using Fuzzy Cognitive Mapping.

Ximena Catalina Navarrete Abedrabbo[1], Jorge David Morales Cobos[2], Sofia Milena Ortiz Araque[3], and Nicole Patricia Paredes Mena[4]

[1] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. **E-mail:** ua.ximenana61@uniandes.edu.ec

[2] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. **E-mail:** ua.jorgemc.52@uniandes.edu.ec

[3] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. **E-mail:** oa.sofiamoa64@uniandes.edu.ec

[4] Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato. Ecuador. **E-mail:** oa.nicoleppm20@uniandes.edu.ec

Resumen. La extrusión de hipoclorito de sodio (NaOCl) es un accidente muy raro cuyas complicaciones más comunes incluyen dolor, hinchazón y hematoma. Aunque es poco frecuente, sus efectos pueden ser graves si no se tienen en cuenta las pautas de procedimiento, diagnóstico, tratamiento, condiciones predisponentes y los factores de riesgo del paciente. La presente investigación, propone una solución a la problemática descrita mediante un sistema de recomendación para la evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría. El método propuesto basa su funcionamiento mediante mapa cognitivo difuso para modelar la incertidumbre en las relaciones causales. Se presenta un estudio de caso para demostrar la aplicabilidad de la propuesta.

Palabras clave: evaluación, accidentes; hipoclorito de sodio; recomendaciones, Mapa Cognitivo Difuso.

Summary. Extrusion of sodium hypochlorite (NaOCl) is a very rare accident whose most common complications include pain, swelling, and hematoma. Although it is rare, its effects can be serious if the procedure, diagnosis, treatment guidelines, predisposing conditions and the patient's risk factors are not taken into account. The present investigation proposes a solution to the problem described through a recommendation system for the evaluation of the effects of accidents with sodium hypochlorite in children in pediatric dentistry. The proposed method bases its operation on a fuzzy cognitive map to model uncertainty in causal relationships. A case study is presented to demonstrate the applicability of the proposal.

Keywords: evaluation, accidents; sodium hypochlorite; recommendations, Fuzzy Cognitive Map.

1 Introducción

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es ampliamente preferido como uno de los principales medicamentos utilizados como irrigantes del conducto radicular en la terapia de endodoncia, debido a sus ventajosas propiedades antimicrobianas de bajo costo y capacidad de disolución de tejido [1], [2]. No obstante, al ser altamente citotóxico, expone al paciente a riesgos potenciales con efectos dañinos a nivel tisular y celular de gran preocupación [3].

El evento adverso causado por el hipoclorito de sodio tiene una baja incidencia, pero es un percance con efectos graves. Este tipo de accidente se debe, principalmente a la extrusión de NaOCl más allá de los confines de la raíz hacia los tejidos periapicales o perirradiculares y/o los espacios tisulares de la cavidad bucal con las consecuencias subsiguientes [4]. Situación que dese la perspectiva del profesional de salud, puede incurrir en mala praxis y problemas de índole médico-legal [5]. En un estudio clínico observacional reciente se reportó una frecuencia de 0.89% y 0.18% de extrusión de NaOCl y accidente de NaOCl respectivamente, y además se afirma que muchos profesionales lo habrían experimentado al menos una vez en su carrera [6-50].

Un accidente con hipoclorito de sodio es un evento raro en adultos, pero más aún en niños. Aunque los accidentes con NaOCl pueden ocurrir en cualquier grupo de edad, los pacientes más jóvenes son más vulnerables debido a la presencia de dientes temporales y/o dientes permanentes jóvenes con ápice ancho o abierto. Los dientes más pequeños o con una anatomía cervical estrecha son más propensos a errores iatrogénicos y por lo tanto también al riesgo de NaOCl. Los elementos maxilares están más expuestos al incidente del NaOCl que los dientes mandibulares. Los premolares y molares tienen un riesgo relativamente mayor que los dientes frontales [3], [7].

Dentro de la literatura científica, se han descrito varias complicaciones durante la irrigación del conducto radicular con NaOCl que penetra inadvertidamente a través del foramen apical, así como también reacciones alérgicas al irrigante. Cualquier irrigante, independientemente de su toxicidad, tiene el potencial de causar problemas si se introduce en los tejidos perirradiculares.

Por lo tanto, es muy importante dentro del área de la ortodoncia, identificar las consecuencias o efectos de los accidentes con NaOCl y aún más en pacientes pediátricos debido a la gravedad de sus consecuencias en este grupo etario, asimismo resulta importante conocer todas la implicaciones, manejo y factores que influyen en el desarrollo de este evento adverso. Con este antecedente, el objetivo de este artículo es desarrollar un sistema de recomendación para la evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría. Además, se brinda una descripción general de los efectos del resultado de un accidente con NaOCl en pacientes con odontopediatría.

2 Materiales métodos

La presente sección describe el funcionamiento del método para la evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría mediante Mapa Cognitivo Difuso. El método modela las relaciones causales entre los diferentes conceptos mediante mapa cognitivo difuso.
El método sustenta los siguientes principios:

- Integración del conocimiento causal mediante Mapa Cognitivo Difuso (FCM) para la un sistema de recomendación para la evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría.
- Identificación mediante el equipo de expertos de las relaciones causales.
- Orientación de la información hacia el tratamiento más adecuado en casos de accidentes con hipoclorito de sodio.

El diseño del método está estructurado para la recomendación el tratamiento más adecuado en casos de accidentes con hipoclorito de sodio. Posee tres etapas básicas: entrada, procesamiento y salida. La figura 1 muestra el esquema general del método propuesto.

Figura 1. Estructura del método propuesto.

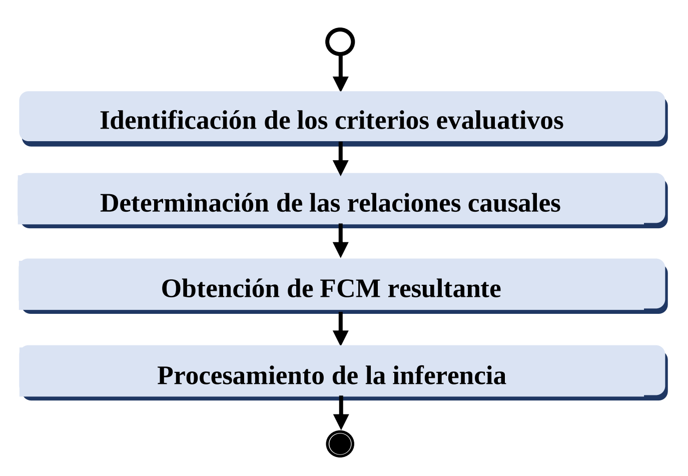


El método propuesto está estructurado para soportar la gestión del proceso para la evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría mediante Mapa Cognitivo Difuso. Emplea un enfoque multicriterio como base para la inferencia, se auxilia de expertos para nutrir la base de conocimiento [8], [9], [10].

El conjunto de indicadores evaluativos representan una de las entradas del sistema que necesario para la actividad de inferencia [11-13]. La actividad de inferencia representa el núcleo fundamental para el razonamiento del método. Basa su procesamiento a partir de la modelación de las relaciones causales con el empleo de Mapa Cognitivo Difuso [14], [15], [16].

La presente sección realiza una descripción del método propuesto. Se detallan las diferentes actividades que garantizan la inferencia de la etapa procesamiento [17, 18]. Las actividades están computadas por: identificar los criterios evaluativos; determinar las relaciones causales; obtener el FCM resultante de las relaciones causales; inferencia del proceso [19-21]. La Figura 2 muestra el flujo de la etapa de procesamiento.

Figura 2. Flujo de trabajo de la etapa de procesamiento.



Actividad 1: Identificación de los criterios evaluativos.

La actividad inicia con la identificación de los expertos que intervienen en el proceso. A partir del trabajo del grupo de expertos se determinan los criterios que se tendrán en cuenta para la inferencia del proceso.

La actividad utiliza un sistema de trabajo en grupo mediante un enfoque multicriterios [22, 23]. Formalmente se puede definir el problema de evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría mediante Mapa Cognitivo Difuso a partir de la responsabilidad parental mediante:

El número de indicadores evaluativos del proceso donde:

$$I = \{\mathrm{i}_1, \dots \mathrm{i}_\mathrm{n}\} \quad (1)$$

$$\forall I_i, 1 \leq i \leq n \quad (2)$$

El número de expertos que interviene en la valoración multicriterio donde:

$$E = \{\mathrm{m}_1, \dots \mathrm{m}_\mathrm{n}\} \quad (3)$$

$$\forall E_i, 1 \leq i \leq m \quad (4)$$

El resultado de la actividad es la obtención de los diferentes indicadores evaluativos a partir de la selección en grupo.

Actividad 2: determinaciones de las relaciones causales de los criterios.

Una vez obtenidos los criterios evaluativos, se determinan las relaciones causales. Las relaciones causales constituyen la expresión de causalidad entre los diferentes criterios evaluativos. La determinación de las relaciones causales consiste en establecer a partir del trabajo en grupo la implicación entre conceptos. La información resultante representa el conocimiento primario para nutrir el proceso de inferencia. Las relaciones causales son representadas por variables difusas expresadas como términos lingüísticos [24, 25].

En los modelos lingüísticos se suelen usar conjuntos de etiquetas lingüísticas con granularidad no superior a 13. Es común utilizar conjuntos de granularidad impar, donde existe una etiqueta central y el resto de las etiquetas

se distribuyen simétricamente a su alrededor [26], [27]. La tabla 1 muestra el conjunto de términos lingüísticos utilizado para la presente investigación.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [28].

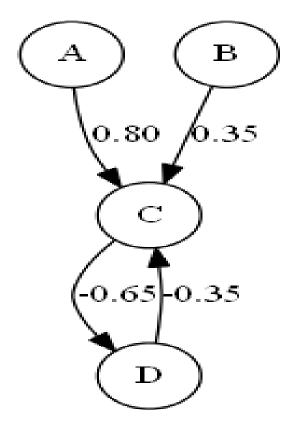
Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Actividad 3: obtención del FCM.

Durante la etapa de ingeniería del conocimiento cada experto expresa la relación que existe entre cada par de conceptos C_i y C_j del mapa. Entonces, para cada relación causal se obtienen K reglas con la siguiente estructura: Si C_i es A entonces C_j es B y el peso W_{ij} es C.

Cada nodo constituye un concepto causal, esta característica hace que la representación sea flexible para visualizar el conocimiento humano [29], [30], [31]. La matriz de adyacencia se obtiene a partir los valores asignados a los arcos. La figura 3 una representación del FCM y la matriz de adyacencia [32], [33], [34].

Figura 3. Mapa Cognitivo Difuso y su correspondiente matriz de adyacencia.



Los valores que se obtienen por el grupo de expertos que intervienen en el proceso son agregados conformándose el conocimiento general con las relaciones entre los criterios. La actividad obtiene como resultado el FCM resultante [35], [36], [37].

A partir de la obtención de las relaciones causales, se realiza el análisis estático. Se toma de referencia el conocimiento almacenado en la matriz de adyacencia. Para el desarrollo del presente método se trabaja con el grado de salida tal como muestra la ecuación (5) [38],[39], [40-51-52].

$$id_i = \sum_{i=1}^{n} \left\| I_{ji} \right\| \quad (5)$$

Actividad 4: procesamientos de la inferencia:

Un sistema modelado por un FCM evolucionará durante el tiempo, donde la activación de cada neurona dependerá del grado de activación de sus antecedentes en la iteración anterior. Normalmente este proceso se repite hasta que el sistema estabilice o se alcance un número máximo de iteraciones.

El procesamiento para la inferencia, consiste en calcular el vector de estado A a través del tiempo, para una condición inicial A^0 [41], [42-53]. De forma análoga a otros sistemas neuronales, la activación de C_i dependerá de la activación las neuronas que inciden directamente sobre el concepto C_i y de los pesos causales asociados a dicho concepto. La ecuación 6 muestra la expresión utilizada para el procesamiento.

$$A_i^{(K+1)} = f\left(A_i^{(K)} \sum_{i=1;\, j\neq i}^{n} A_i^{(K)} * W_{ji}\right) \quad (6)$$

Donde:

$A_i^{(K+1)}$: es el valor del concepto C_i en el paso k+1 de la simulación,

$A_i^{(K)}$: es el valor del concepto C_j en el paso k de la simulación,

W_{ji}: es el peso de la conexión que va del concepto C_j al concepto C_i y f (x) es la función de activación.

Los sistemas inestables pueden ser totalmente caóticos o cíclicos. , y son frecuentes en modelos continuos. En resumen, el proceso de inferencia en un MCD puede mostrar una de las siguientes características:

Estados de estabilidad: si $\exists tk \in \mathbb{N}$: $A_i^{(t+x)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$ por tanto, después de la iteración tk el FCM producirá el mismo vector de estado. Después esta configuración es ideal, pues representa la codificación de un patrón oculto en la causalidad [43], [44].

Estados cíclicos: si $\exists tk, P \in \mathbb{N}$: $A_i^{(t+p)} = A_i^{(t)} \forall t > tk$. El mapa tiene un comportamiento cíclico con periodo P. En este caso el sistema producirá el mismo vector de estado cada P-ciclos del proceso de inferencia [45-54], [46].

Estado caótico: el mapa produce un vector de estado diferente en cada ciclo. Los conceptos siempre varían su valor de activación [47-55], [48-56], [49].

3 Resultado y discusión

La presente sección ilustra la implementación del método propuesto. Se describe un estudio de caso para la evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría mediante Mapa Cognitivo Difuso. A continuación se describen los resultados del estudio:

Actividad 1 Identificación de los criterios evaluativos:

Para el desarrollo de estudio, se consultaron 5 expertos que son especialistas titulados en odontopediatría. El grupo representa la base para la definición de los criterios evaluativos y las relaciones causales.

A partir del trabajo realizado por el grupo de expertos, se identificó el conjunto de criterios. La tabla 2 muestra el resultado de los criterios identificados.

Tabla 2. Indicadores evaluativos.

No.	Indicador
1	Número de niños afectados: Este indicador permite evaluar el impacto de los accidentes con hipoclorito de sodio en la salud de los niós, ya sea por inhalación, contacto dérmico o ingestión accidental.
2	Gravedad de las lesiones: Evaluar la gravedad de las lesiones causadas por el hipoclorito de sodio, como quemaduras químicas, irritación ocular, dificultades respiratorias, entre otras. Ayuda a determinar la magnitud del accidente.
3	Daños por ingesta: La evaluación de los daños por ingesta como irritación en la boca, la garganta y el esófago, así como quemaduras en los tejidos blandos, náuseas, vómitos, dolor abdominal y dificultad para respirar, puede ser un indicador importante para medir el impacto económico de los accidentes.
4	Tiempo de recuperación: El tiempo que tardan los niños afectados en recuperarse de las lesiones causadas por el hipoclorito de sodio. Este es un indicador útil para evaluar el impacto a largo plazo de los accidentes.

Actividad 2 determinaciones de las relaciones causales de los criterios:

Para la identificación de las relaciones causales se obtuvo la información del grupo de expertos que participan en el proceso. Se identificaron como resultado 5 matrices de adyacencia con el conocimiento expresado por cada experto. Las matrices pasaron por un proceso de agregación en la que se genera como resultado final una matriz de adyacencia. La tabla 3 muestra la matriz de adyacencia resultante del proceso.

Tabla 3. Matriz de adyacencia Indicadores evaluativos

	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	[0,00]	[1]	[0,75]	[0,75]
C_2	[1]	[0.00]	[1]	[0,25]
C_3	[0,75]	[0,75]	[0.00]	[1]
C_4	[0,75]	[1]	[0.25]	[0.00]

Actividad 3 obtenciones del FCM:

Una vez obtenidos los indicadores evaluativos y sus relaciones causales correspondientes en la actividad 2, se realiza la representación del conocimiento en el FCM resultante.

Actividad 4 procesamientos de la inferencia:
La matriz de adyacencia posee el conocimiento necesario para determinar los pesos atribuidos a cada indicador evaluativo. Para calcular los pesos, se emplea la ecuación 5. La tabla 4 muestra los resultados del cálculo realizado.

Tabla 4: Peso atribuido a los indicadores evaluativos

Criterio	**Descripción**	Ponderación
C_1	Número de personas afectadas	(0.83,0,15,0.20)
C_2	Gravedad de las lesiones	(0.75,0.25,0.30)
C_3	Daños por ingesta	(0.83,0,15,0.20)
C_4	Tiempo de recuperación	(0.60,0.35,0.40)

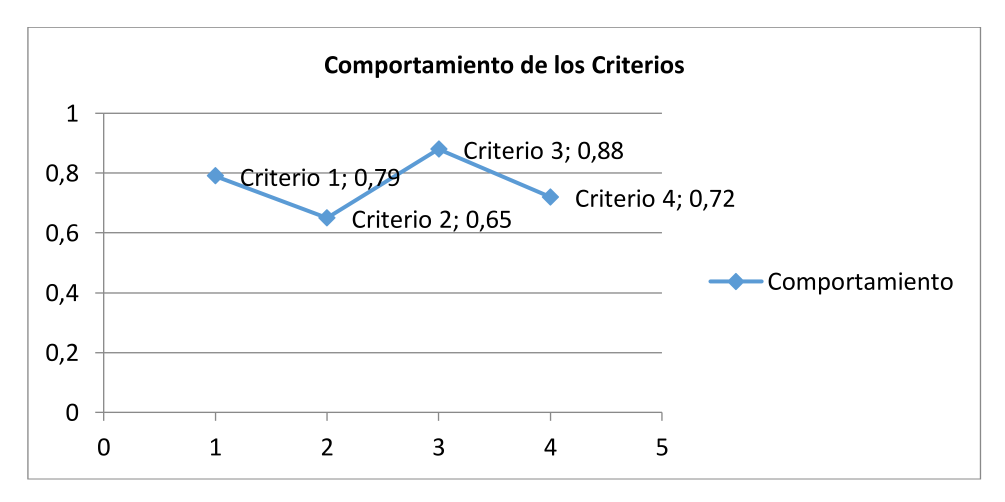
Una vez determinado los pesos de los indicadores, se determinan las preferencias asociadas. Para el presente caso las tabla 5 muestran los resultados del cálculo realizado.

Tabla 5: Cálculo de preferencias atribuidas a la evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría mediante Mapa Cognitivo Difuso.

Criteri0	Pesos	**Preferencias**	**Agregación**
C_1	(0.83,0,15,0.20)	(1,0,0)	(0.91, 0.1, 0.1)
C_2	(0.75,0.25,0.30)	(0.8,0,15,0.20)	(0.75,0.25,0.30)
C_3	(0.83,0,15,0.20)	(1,0,0)	(0.91, 0.1, 0.1)
C_4	(0.60,0.35,0.40)	(1,0,0)	(0.83,0,15,0.20)
Índice			(0.88,0,15,0.20)

La Figura 4 muestra una gráfica con el comportamiento de los diferentes indicadores para cada efecto de los accidentes con hipoclorito de sodio.

Figura 4. Comportamiento de los indicadores.



Una vez calculados los índice de consecuencias generadas por los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría, se obtiene para el caso de estudio un índice de consecuencias I= 0,88.

Conclusiones

El hipoclorito de sodio es ampliamente utilizado por los dentistas para limpiar los conductos radiculares durante la terapia de endodoncia debido a sus propiedades antimicrobianas y de disolución de tejidos. Se han informado varios casos de los efectos adversos de la exposición accidental de áreas intraorales a la solución de hipoclorito de sodio. Sin embargo, no existe mucha evidencia relaciona a pacientes con odontopediatría, es importante explorar mayormente este grupo etario, debido a que las complicaciones pueden resultar con graves consecuencias en la ortodoncia infantil. Una mejor comprensión de las causas potenciales, el manejo y el pronóstico de los accidentes con NaOCl requiere una estandarización de los datos informados, de manera general la presente investigación brinda estas características para de esta forma ayudar a los diferentes profesionales de la salud bucal, a lidiar con este tipo de accidentes poco frecuentes, pero con implicaciones importantes tanto a nivel de la salud del paciente como para odontólogo a cargo.

A partir del desarrollo de la investigación propuesta, se obtiene un método para la evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría mediante Mapa Cognitivo Difuso. El método basa su funcionamiento mediante el trabajo en grupo de expertos para la identificación de criterios evaluativos con un enfoque multicriterio. Con la implementación del método, se obtienen como resultado el Mapa Cognitivo Difuso resultante, que expresa el conocimiento del grupo de expertos con la representación de las relaciones causales sobre los criterios evaluativos. El conocimiento almacenado en el Mapa Cognitivo Difuso representa la base para la inferencia del funcionamiento del método propuesto que garantiza la evaluación de efectos de los accidentes con hipoclorito de sodio en niños en odontopediatría.

References

[1] V. B. Chaugule, A. M. Panse, and P. N. Gawali, "Adverse reaction of sodium hypochlorite during endodontic treatment of primary teeth," *International journal of clinical pediatric dentistry,* vol. 8, no. 2, pp. 153, 2015.

[2] A. V. Pai, "Factors influencing the occurrence and progress of sodium hypochlorite accident: A narrative and update review," *Journal of Conservative Dentistry: JCD,* vol. 26, no. 1, pp. 3, 2023.

[3] I. Chung, H. Ryu, S.-Y. Yoon, and J. C. Ha, "Health effects of sodium hypochlorite: review of published case reports," *Environmental Analysis, Health and Toxicology,* vol. 37, no. 1, 2022.

[4] K. Nasiri, and K.-T. Wrbas, "Management of sodium hypochlorite accident in root canal treatment," *Journal of Dental Sciences,* vol. 18, no. 2, pp. 945, 2023.

[5] S. Kanagasingam, and I. R. Blum, "Sodium hypochlorite extrusion accidents: management and medico-legal considerations," *Primary Dental Journal,* vol. 9, no. 4, pp. 59-63, 2020.

[6] O. Özdemir, E. Hazar, S. Koçak, B. Sağlam, and M. Kocak, "The frequency of sodium hypochlorite extrusion during root canal treatment: an observational clinical study," *Australian Dental Journal,* vol. 67, pp. S57-S64, 2022.

[7] M. Kim, J. Kim, and S. Lim, "Accidental extrusion of sodium hypochlorite during endodontic treatment in a primary tooth," *Journal of the Korean Academy of Pediatric Dentistry,* vol. 42, no. 3, pp. 264-269, 2015.

[8] L. Rocchi, L. Paolotti, A. Rosati, A. Boggia, and C. Castellini, "Assessing the sustainability of different poultry production systems: A multicriteria approach," *Journal of cleaner production,* vol. 211, pp. 103-114, 2019.

[9] M. Moghadas, A. Asadzadeh, A. Vafeidis, A. Fekete, and T. Kötter, "A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran," *International journal of disaster risk reduction,* vol. 35, pp. 101069, 2019.

[10] I. Bagdanavičiūtė, L. Kelpšaitė-Rimkienė, J. Galinienė, and T. Soomere, "Index based multi-criteria approach to coastal risk assesment," *Journal of Coastal Conservation,* vol. 23, no. 4, pp. 785-800, 2019.

[11] J. E. Ricardo, M. E. L. Poma, A. M. Argüello, A. Pazmiño, L. M. Estévez, and N. Batista, "Neutrosophic model to determine the degree of comprehension of higher education students in Ecuador," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 26, pp. 54-61, 2019.

[12] M. Y. Leyva Vázquez, J. R. Viteri Moya, J. Estupiñán Ricardo, and R. E. Hernández Cevallos, "Diagnosis of the challenges of post-pandemic scientific research in Ecuador," *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores,* vol. 9, no. spe1, 2021.

[13] E. G. Caballero, M. Leyva, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "NeutroGroups Generated by Uninorms: A Theoretical Approach," *Theory and Applications of NeutroAlgebras as Generalizations of Classical Algebras*, pp. 155-179: IGI Global, 2022.

[14] I. C. B. Portilla, I. C. H. Sánchez, and I. R. Tarquino, "Diffuse cognitive maps for analysis of vulnerability to climate variability in Andean rural micro-watersheds," *Dyna,* vol. 87, no. 212, pp. 38-46, 2020.

[15] Y. Zhang, J. Qin, P. Shi, and Y. Kang, "High-order intuitionistic fuzzy cognitive map based on evidential reasoning theory," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems,* vol. 27, no. 1, pp. 16-30, 2018.

[16] B. Efe, "Fuzzy cognitive map based quality function deployment approach for dishwasher machine selection," *Applied Soft Computing,* vol. 83, pp. 105660, 2019.

[17] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, and X. L. A. Ávila, "Redes inalámbricas, su incidencia en la privacidad de la información," *Journal TechInnovation,* vol. 1, no. 2, pp. 104-109, 2022.

[18] W. L. S. Álava, A. R. Rodríguez, and X. L. A. Ávila, "Impacto del uso de la tecnología en la formación integral de los estudiantes de la carrera tecnologías de la información," *Journal TechInnovation,* vol. 1, no. 2, pp. 71-77, 2022.

[19] G. A. Á. Gómez, M. Y. L. Vázquez, and J. E. Ricardo, "Application of Neutrosophy to the Analysis of Open Government, its Implementation and Contribution to the Ecuadorian Judicial System," *Neutrosophic Sets and Systems,* vol. 52, pp. 215-224, 2022.

[20] J. E. Ricardo, A. J. Fernández, and M. Y. Vázquez, "Compensatory Fuzzy Logic with Single Valued Neutrosophic Numbers in the Analysis of University Strategic Management," *International Journal of Neutrosophic Science (IJNS),* vol. 18, no. 4, 2022.

[21] J. E. Ricardo, A. J. R. Fernández, T. T. C. Martínez, and W. A. C. Calle, "Analysis of Sustainable Development Indicators through Neutrosophic Correlation Coefficients," 2022.

[22] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, "Impacto de la investigación jurídica a los problemas sociales postpandemia en Ecuador," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 542-551., 2022.

[23] M. L. Vázquez, J. Estupiñan, and F. Smarandache, "Neutrosofía en Latinoamérica, avances y perspectivas Neutrosophics in Latin America, advances and perspectives," *Collected Papers. Volume X: On Neutrosophics, Plithogenics, Hypersoft Set, Hypergraphs, and other topics*, pp. 238, 2022.

[24] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and N. B. Hernández, "Investigación científica: perspectiva desde la neutrosofía y productividad," *Universidad y Sociedad,* vol. 14, no. S5, pp. 640-649., 2022.

[25] M. Y. L. Vázquez, J. E. Ricardo, and V. Vega-Falcón, "La inteligencia artificial y su aplicación en la enseñanza del Derecho," *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina,* vol. 10, pp. 368-380, 2022.

[26] S. M. McCauley, and M. H. Christiansen, "Language learning as language use: A cross-linguistic model of child language development," *Psychological review,* vol. 126, no. 1, pp. 1, 2019.

[27] Z. Wu, J. Xu, X. Jiang, and L. Zhong, "Two MAGDM models based on hesitant fuzzy linguistic term sets with possibility distributions: VIKOR and TOPSIS," *Information Sciences,* vol. 473, pp. 101-120, 2019.

[28] R. Şahin, and M. Yiğider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.

[29] V. V. Falcón, M. Y. L. Vázquez, and N. B. Hernández, "Desarrollo y validación de un cuestionario para evaluar el conocimiento en Metodología de la Investigación," *Revista Conrado,* vol. 19, no. S2, pp. 51-60., 2023.

[30] M. Valdés, and O. M. Cornelio, "Mapas Cognitivos Difusos antecedentes, lógica operacional y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 16, no. 8, pp. 1-17, 2023.

[31] M. Cornelio, and G. González, "Modelo para la evaluación de habilidades en ingeniería automática," *3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC,* vol. 7, no. 1, pp. 21-32, 2018.

[32] M. Leyva-Vázquez, K. Pérez-Teruel, A. Febles-Estrada, and J. Gulín-González, "Modelo para el análisis de escenarios basado en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico," *Ingeniería y Universidad,* vol. 17, pp. 375-390, 2013.

[33] K. Papageorgiou, P. K. Singh, E. Papageorgiou, H. Chudasama, D. Bochtis, and G. Stamoulis, "Fuzzy Cognitive Map-Based Sustainable Socio-Economic Development Planning for Rural Communities," *Sustainability,* vol. 12, no. 1, pp. 1-31, 2019.

[34] O. Mar, I. Ching, and J. Gulín, "Competency assessment model for a virtual laboratory system at distance using fuzzy cognitive map," *Investigación Operacional,* vol. 38, no. 2, pp. 169-177, 2018.

[35] A. P. Anninou, and P. P. Groumpos, "A new mathematical model for fuzzy cognitive maps-application to medical problems," *Системная инженерия и информационные технологии,* vol. 1, no. 1, pp. 63-66, 2019.

[36] M. Khodadadi, H. Shayanfar, K. Maghooli, and A. H. Mazinan, "Fuzzy cognitive map based approach for determining the risk of ischemic stroke," *IET systems biology,* vol. 13, no. 6, pp. 297-304, 2019.

[37] F. Bron, "Método para la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos en proyectos médicos mediante computación con palabras," *Revista Cubana de Informática Médica,* vol. 12, no. 2, pp. 377, 2020.

[38] E. White, and D. Mazlack, "Discerning suicide notes causality using fuzzy cognitive maps." pp. 2940-2947.

[39] M. Y. L. Vasquez, G. S. D. Veloz, S. H. Saleh, A. M. A. Roman, and R. M. A. Flores, “A model for a cardiac disease diagnosis based on computing with word and competitive fuzzy cognitive maps,” *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Guayaquil,* vol. 19, no. 1, 2018.

[40] M. J. Ladeira, F. A. Ferreira, J. J. Ferreira, W. Fang, P. F. Falcão, and Á. A. Rosa, “Exploring the determinants of digital entrepreneurship using fuzzy cognitive maps,” *International Entrepreneurship and Management Journal,* vol. 15, no. 4, pp. 1077-1101, 2019.

[41] R. Giordano, and M. Vurro, *Fuzzy cognitive map to support conflict analysis in drought management fuzzy cognitive maps*, 2010.

[42] B. Fonseca, “Sistemas de recomendación para la toma de decisiones. Estado del arte,” *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria,* vol. 6, no. 1, pp. 149-164, 2022.

[43] Y. Miao, Z.-Q. Liu, C. K. Siew, and C. Y. Miao, “Dynamical cognitive network-an extension of fuzzy cognitive map,” *IEEE transactions on Fuzzy Systems,* vol. 9, no. 5, pp. 760-770, 2001.

[44] M. Amer, A. Jetter, and T. Daim, “Development of fuzzy cognitive map (FCM) ‐ based scenarios for wind energy,” *International Journal of Energy Sector Management*, 2011.

[45] A. Konar, and U. K. Chakraborty, “Reasoning and unsupervised learning in a fuzzy cognitive map,” *Information Sciences,* vol. 170, no. 2-4, pp. 419-441, 2005.

[46] G. Felix, G. Nápoles, R. Falcon, W. Froelich, K. Vanhoof, and R. Bello, “A review on methods and software for fuzzy cognitive maps,” *Artificial Intelligence Review,* vol. 52, no. 3, pp. 1707-1737, 2019.

[47] S. Alizadeh, and M. Ghazanfari, “Learning FCM by chaotic simulated annealing,” *Chaos, Solitons & Fractals,* vol. 41, no. 3, pp. 1182-1190, 2009.

[48] H. Song, C. Miao, Z. Shen, W. Roel, D. Maja, and C. Francky, “Design of fuzzy cognitive maps using neural networks for predicting chaotic time series,” *Neural Networks,* vol. 23, no. 10, pp. 1264-1275, 2010.

[49] J. G. González, and I. S. Ching, “Método multicriterio para la evaluación de habilidades en un Sistema de Laboratorios a Distancia,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas,* vol. 14, no. 1, pp. 237-251, 2021.

[50] RICARDO, J. E. ¨Estrategia de Gestión en la Educación Superior; pertinencia e impacto en la interrelación de los procesos académicos, de investigación científica y de vinculación con la sociedad en el periodo enero 2016-mayo 2018 en la Facultad de Ciencias Jurídicas, Sociales y de la Educación de la Universidad Técnica de Babahoyo en Ecuador¨. Infinite Study, 2018.

[51] Ricardo, J. E., & Vázquez, I. R. S. ¨La educación sexual para padres de niños con retraso mental, una vía para su consolidación¨. Magazine de las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación, vol 4 núm 3, 137-144, 2019

[52] Estupiñán Ricardo, J., Leyva Vázquez, M. Y., Marcial Coello, C. R., & Figueroa Colin, S. E. ¨Importancia de la preparación de los académicos en la implementación de la investigación científica¨. Conrado, vol 17 núm 82, pp 337-343, 2021.

[53] Falcón, V. V., Quinapanta, M. D. R. A., Villacís, M. M. Y., & Ricardo, J. E. ¨Medición del capital intelectual: Caso hotelero¨. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores, 2019.

[54] Leyva Vázquez, M. Y., Viteri Moya, J. R., Estupiñán Ricardo, J., & Hernández Cevallos, R. E. ¨Diagnosis of the challenges of post-pandemic scientific research in Ecuador¨. Dilemas contemporáneos: educación, política y valores, vol 9 núm (spe1), 2021.

[55] Ricardo, J. E., Hernández, N. B., Zumba, G. R., Márquez, M. C. V., & Balla, B. W. O. ¨EL ASSESSMENT CENTER PARA LA EVALUACIÓN DE LAS COMPETENCIAS ADQUIRIDAS POR LOS ESTUDIANTES DE NIVEL SUPERIOR¨. Investigación Operacional, vol 40 núm 5, 2019.

[56] Estupiñán, J. ¨Importance of the preparation of academics in the implementation of scientific research¨, 2021.

Recibido: Septiembre 21, 2023. **Aceptado:** Octubre 06, 2023